30 de junho de 2014

CONEXÃO DE MICROGERAÇÃO RESIDENCIAL FOTOVOLTAICA COM O SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO

Bernard Pereira de Oliveira

CONEXÃO DE MICROGERAÇÃO RESIDENCIAL FOTOVOLTAICA COM O SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO

Aluno: Bernard Pereira de Oliveira

Orientador: Mauro Schwanke Da Silva

Trabalho apresentado com requisito parcial à conclusão do curso de Engenharia Elétrica na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

Agradecimentos

Agradeço a Deus pelo sol que além de sustentar a vida na Terra possui o potencial para muitas aplicações que ainda não são devidamente exploradas.

Aos meus pais, por terem me educado para respeitar o meio ambiente e sempre buscar viver em harmonia com a natureza.

Ao meu professor Mauro Schwanke da Silva, por ter encontrado tempo para meorientar mesmo estando tão atarefado.

A empresa Solarize, por me disponibilizar seu material didático do curso de projetista de sistemas fotovoltaicos para a conclusão deste projeto.

A minha namorada Aline por ter dado apoio a toda a minha trajetória no projeto final.

Resumo

O trabalho executado tem como objetivo a análise da viabilidade de um projeto de microgeração residencial fotovoltaica conectado com o sistema de distribuição sobre a visão da resolução ANEEL 482.

Palavras-chave: Paralelismo; Microgeração; Geração Solar; Resolução ANEEL 482;

Microgeneration residential photovoltaic connected with the distribution system

Abstract

Thework doneis aimed atanalyzing the feasibility of implementing a project for residential photovoltaic microgeneration connected with the distribution system grounded on ANEELResolution482.

Keywords: Parallelism; Microgeneration; Solar Generation; ANEEL Resolution 482;

Sumário

1. Introdução 1

2. Geração distribuída 2

3. Tipos de Geração Distribuída 4

3.1 Pequena central hidroelétrica (PCH) 4

3.2 Biomassa 5

3.3 Cogeração qualificada 6

3.4 Energia eólica 7

3.5 Energia solar fotovoltaica 8

4. Resolução Normativa 482 – ANEEL 12

4.1.Condições gerais para acesso 12

4.2. O sistema de compensação de energia elétrica 12

4.3. Medição da energia elétrica 13

5. Procedimentos de conexão com a concessionária LIGHT 14

6. Viabilidade Técnica e Econômica da Microgeração Solar Residencial 21

7. Projeto Pratico de Microgeração Solar Residencial com a LIGHT 216

8. Conclusão 33

9. Referências bibliográficas 34

1. Introdução

Neste projeto serão abordados os aspectos teóricos e práticos que permeiam a conexão de um micro gerador a rede de distribuição, particularizando para o microgerador solar residencial com conexão a rede da concessionária LIGHT, que atua no estado do Rio de Janeiro. O objetivo desta conexão é a injeção de energia elétrica excedente, produzida pelo sistema de geração solar durante o dia à rede de distribuição de energia, para compensar o consumo de energia elétrica no período da noite e com isso reduzir a conta de luz e o custo do sistema de geração solar por ser mais simples.

A conexão de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica e o sistema de compensação de energia elétricaforam regulamentados pela a Agência Nacional de Energia – ANEEL, através da Resolução Normativa Nº 482, DE 17 DE ABRIL DE 2012, onde é descrito quais tipos de geração são aceitos para o sistema de compensação, as condições de acesso à rede de distribuição e como é feita a medição e a compensação de energia elétrica por isso, esta resolução será amplamente discutida neste projeto.

Será analisada também a viabilidade técnica e econômica de um projeto de microgeração solar residencial, além de outros fatores importantes como o impacto no meio ambiente e assim concluir sobre o estado atual em que se encontra o desenvolvimento desta tecnologia e sua perspectiva para o futuro do Brasil.

2. Geração distribuída

Antes de se falar de geração distribuída, é necessário entender o que é geração centralizada, pois atualmente o Brasil é um país com geração de energia elétrica altamente centralizada, principalmente por causa do seu sistema de águas fluviais que é um dos maiores do mundo.

A geração centralizada não é o oposto a geração distribuída, na verdade geração centralizada não é literalmente centralizada em um único ponto, e sim espalhada em pontos distantes onde se encontram grandes fontes de energia e interligada por longas linhas de transmissão até a sua carga.

Empreendimentos em Operação				
Tipo	Quantidade	Potência Outorgada (kW)	Potência Fiscalizada (kW)	%
CGH	451	276.450	277.679	0,21
EOL	151	3.172.086	3.106.190	2,4
PCH	463	4.676.329	4.640.031	3,59
UFV	129	13.938	9.938	0,01
UHE	197	86.625.945	82.205.278	63,64
UTE	1.855	39.141.697	36.936.999	28,6
UTN	2	1.990.000	1.990.000	1,54
Total	**3.248**	**135.896.445**	**129.166.115**	100

Legenda	
CGH	Central Geradora Hidrelétrica
CGU	Central Geradora Undi-elétrica
EOL	Central Geradora Eólica
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
UFV	Central Geradora Solar Fotovoltaica
UHE	Usina Hidrelétrica
UTE	Usina Termelétrica
UTN	Usina Termonuclear
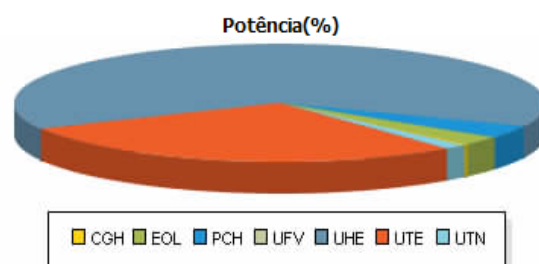
Figura 1: Capacidade de Geração do Brasil [10]

Como podemos ver acima, 63,64% da potencia elétrica instalada no Brasil está concentrada nas usinas hidroelétricas (UHE), que possuem capacidade instalada superior a 30MW (trinta megawatts)e possui reservatório maior que 3 Km², as quais correspondem a 197 usinas de um total de 3248, ou seja, 0,06% de todas as usinas de energia elétrica do Brasil. Toda essa centralização em poucas usinas é um perigo para a segurança no fornecimento de energia, que fica altamente dependente das águas das chuvas.

Assim, como a geração centralizada não é completamente centralizada em um único ponto, também a geração distribuída não é literalmente distribuída entre todos os consumidores e sim em alguns consumidores ou até mesmo próximos aos consumidores ecom potência bem menor em relação à geração centralizada.

Geração distribuída se refere a uma forma de geração de energia elétrica que não é rigorosamente definido na literatura técnica e sim descrito de várias formas diferentes de acordo com o contexto em que a informação é inserida.

Dentre as várias definições algumas informações acerca deste sistema de geração de energia elétrica são repetidas mais vezes que outras e a partir destas informações,podemos formar uma ideia mais exata do que é um sistema de geração distribuída.

Os seguintes aspectos devem analisados individualmente para se definir corretamente o que é geração distribuída: O propósito, a localização, a especificação da potência, a área de entrega da energia gerada, a tecnologia, o impacto ambiental, o modo de operação, a propriedade e o nível de penetração.

Neste projeto, geração distribuída vai ser definida de acordo com as especificações da norma regulatória da ANEEL 482, isto é, de acordocom a sua localização, potência e fonte de energia.

As fontes de energia consideradas serão a solar, eólica, PCH, cogeração qualificada e biomassa e a localização a será sempre a da própria unidade consumidora de energia e a potência será separada nas faixas abaixo:

- Potência de até 100kW microgeração distribuída

- Potência de 100kW até 1MW minigeração distribuída

3. Tipos de Geração Distribuída

O termo geração distribuída deriva do fato dos geradores que compõem está modalidade estarem descentralizados e próximos da carga, isto é, instalados na localidade da unidade consumidora. A geração pode ser de qualquer tipo de tecnologia e fonte de energia, mas no caso deste projeto considerado as fontes que são contempladas na Resolução Normativa 482.

3.1 Pequena centralhidroelétrica (PCH)

De acordo com a resolução nº 394 - 04-12-1998 da ANEEL-Agência Nacional de Energia Elétrica, PCH (Pequena Central Hidrelétrica) é toda usina hidrelétrica de pequeno porte cuja capacidade instalada seja superior a 1 MW e inferior a 30 MW. Além disso, a área do reservatório deve ser inferior a 3 km².

Uma PCH típica normalmente opera a fio d'água, isto é, o reservatório não permite a regularização do fluxo d´água. Com isso, em ocasiões de estiagem a vazão disponível pode ser menor que a capacidade das turbinas, causando ociosidade.

Em outras situações, as vazões são maiores que a capacidade de engolimento das máquinas, ou seja, capacidade de receber água para produzir energia, permitindo a passagem da água pelo vertedor.

Por esse motivo, o custo da energia elétrica produzida pelas PCH's é maior que o de uma usina hidrelétrica de grande porte (UHE-Usina Hidrelétrica de Energia), onde o reservatório pode ser operado de forma a diminuir a ociosidade ou os desperdícios de água.

Entretanto as PCH´s são instalações que resultam em menores impactos ambientais e se prestam à geração descentralizada.

Este tipo de hidrelétrica é utilizada principalmente em rios de pequeno e médio porte que possuam desníveis significativos durante seu percurso, gerando potência hidráulica suficiente para movimentar as turbinas.

As resoluções elaboradas pela ANEEL permitem que a energia gerada nas PCH´s entre no sistema de eletrificação, sem que o empreendedor pague as taxas pelo uso da rede de transmissão e distribuição. O benefício vale para quem entrou em operação até 2003. As PCH´s são dispensadas ainda de remunerar municípios e Estados pelo uso dos recursos hídricos.

Caso seja implantado no sistema isolado da Região Norte, podem também receber incentivo do Fundo formado com recursos da Conta Consumo de Combustíveis Fósseis (CCC), para financiar os empreendimentos, caso substituam as geradoras térmicas a óleo diesel nos sistemas isolados da Região Norte.[11]
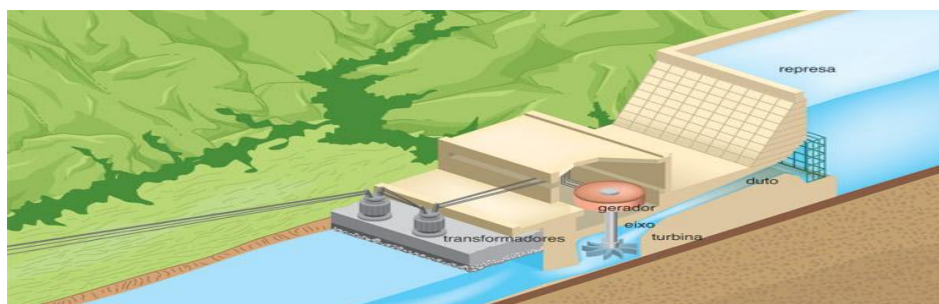
Figura 2: Pequena central hidroelétrica [12]

3.2 Biomassa

Biomassa é a matéria orgânica, que pode ser utilizada na produção de energia. Nem toda a produção primária do planeta passa a incrementar a biomassa vegetal, pois parte dessa energia acumulada é empregada pelo ecossistema na sua própria manutenção.

As vantagens do uso da biomassa na produção de energia são o baixo custo, o fato de ser renovável, permitir o reaproveitamento de resíduos e ser bem menos poluente que outras fontes de energia como o petróleo ou o carvão.

Os tipos de biomassa mais utilizados são: a lenha (já representou 40% da produção energética primária no Brasil), o bagaço da cana-de-açúcar, galhos e folhas de árvores, papéis, papelão, etc. A biomassa também é o elemento principal de diversos novos tipos de combustíveis e fontes de energia como o bio-óleo, o biogás, o BTL e o biodiesel.

A renovação da biomassa ocorre através do ciclo do carbono. A queima da biomassa ou de seus derivados provoca a liberação de CO^2 na atmosfera. As plantas, através da fotossíntese, transformam esse CO^2 nos hidratos de carbono, liberando oxigênio. Assim, a utilização da biomassa, desde que não seja de forma predatória, não altera a composição da atmosfera.

A biomassa se destaca pela alta densidade energética e pelas facilidades de armazenamento, conversão e transporte. A semelhança entre os motores com utilização de biomassa e os que utilizam energias fósseis é outra vantagem. Dessa forma, a substituição das formas de obtenção de energia não teria impacto tão grande na indústria automobilística.

Embora a utilização de biomassa como fonte de energia traga vantagens fantásticas, é importante ressaltar que se deve ter um amplo controle sobre as áreas desmatadas. Um exemplo disso é a expansão da indústria de álcool no Brasil, onde várias florestas foram desmatadas para dar lugar a plantações de cana-de-açúcar. Por isso a preocupação ambiental, mais do que nunca, deve ser prioridade na utilização da biomassa.[13]
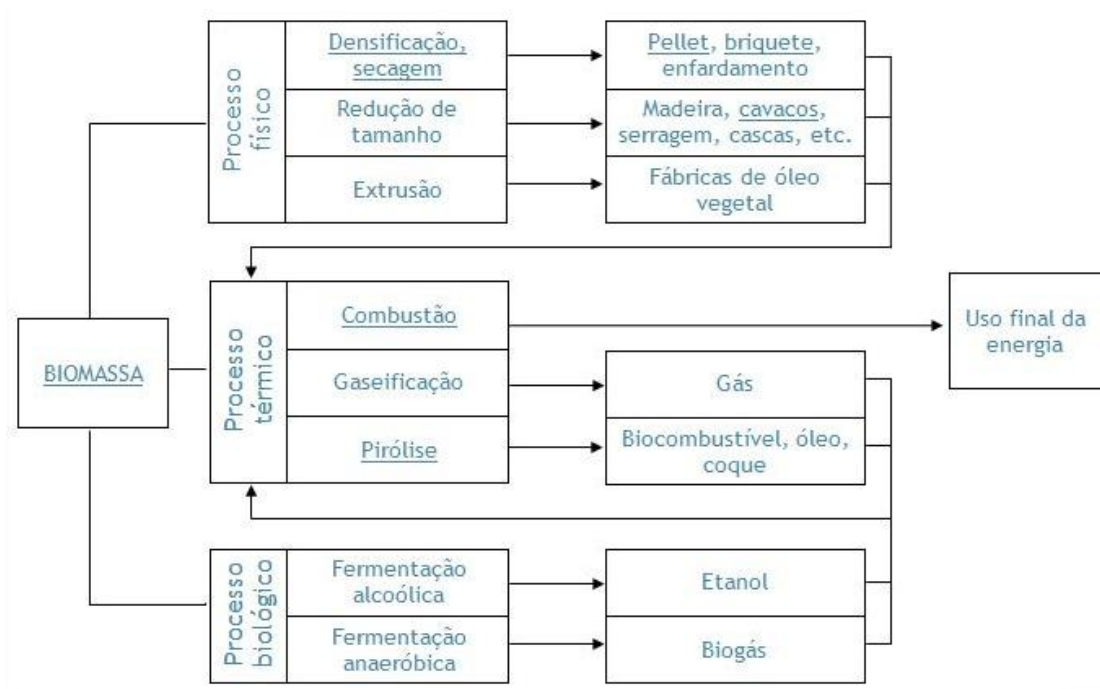
Figura 2:Roteiro da conversão da biomassa em energia [13]

3.3 Cogeraçãoqualificada

A Cogeração é definida como um processo de produção e utilização combinada de calor e eletricidade, proporcionando o aproveitamento de mais de 70% da energia térmica proveniente dos combustíveis utilizados nesse processo. Embora utilize processos de aproveitamento de calor que tipicamente provém dos gases de escape de um Ciclo Brayton à semelhança de sistemas a Ciclo Combinado, estes processos são essencialmente distintos na prática e aplicação: Ciclo Combinado possui dois ciclos termodinâmicos, normalmente Brayton-Rankine e produz um produto final (eletricidade). Na Cogeração, o sistema parte de um recurso, com um ciclo termodinâmico, obtendo-se dois produtos finais, acima referidos.[16]

De acordo com a Resolução Normativa No 235, de 14 de novembro de 2006, cogeração é umprocesso operado numa instalação específica para fins da produção combinadadas utilidades calor e energia mecânica, esta geralmente convertida total ou parcialmente em energia elétrica, a partir da energia disponibilizada por uma fonte primária.

A instalação específica denomina-se central termelétrica cogeradora, cujo ambiente não seconfunde com o processo ao qual está conectada, sendo que, excepcionalmente e a pedido do interessado,a cogeração poderá alcançar a fonte e as utilidades no processo, além das utilidades produzidas pelacentral termelétrica cogeradora a que está conectado, condicionando aquelas à exequibilidade de suacompleta identificação, medição e fiscalização, a critério exclusivo da ANEEL; ea obtenção da utilidade eletromecânica ocorre entre a fonte e a transformação paraobtenção da utilidade calor.

Para que cogeração qualificada tenha esse atributo concedido os cogeradores tem que atendem os requisitosdefinidos na ResoluçãoNormativa N^{o} 235, segundo aspectos de racionalidade energética, para fins de participação naspolíticas de incentivo à cogeração e de compensação de energia. [14].
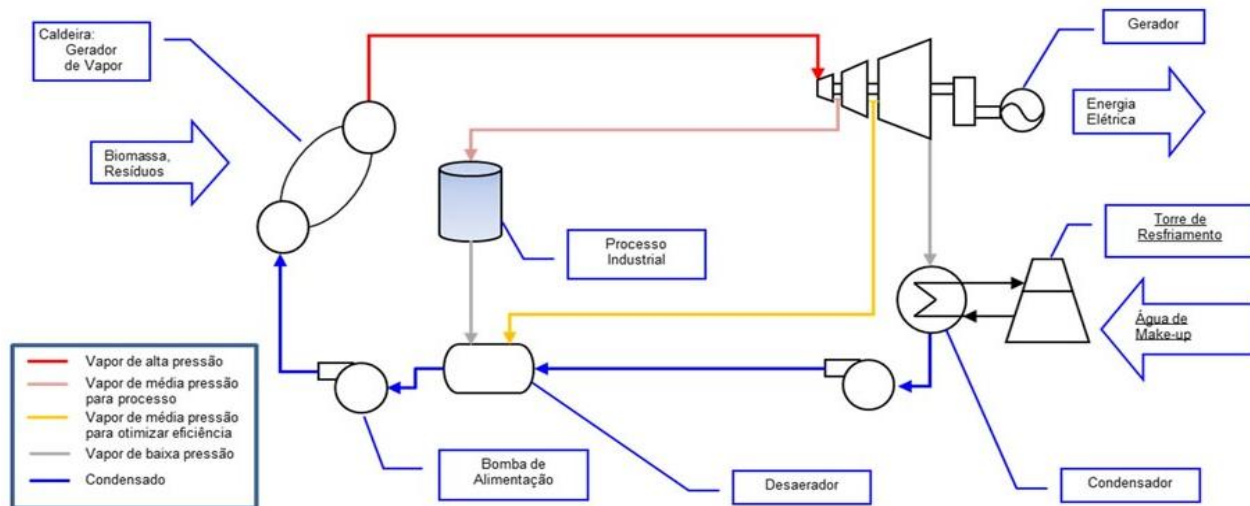
Figura3: Fluxograma sistemas para geração termoelétrica com cogeração. [15]

3.4 Energia eólica

Denomina-se energia eólica a energia cinética contida nas massas de ar em movimento (vento). Seu aproveitamento ocorre por meio da conversão da energia cinética de translação em energia cinética de rotação, com o emprego de turbinas eólicas, também denominadas aerogeradores, para a geração de eletricidade.

Assim como a energia hidráulica, a energia eólica é utilizada há milhares de anos com as mesmas finalidades, bombeamento de água, moagem de grãos e outras aplicações que envolvem energia mecânica. A partir do século passado passou a se utilizado na produção de energia elétrica, mas só recentemente tem ganhado competitividade no Brasil, graças a incentivos do governo na contratação de 1.400 megawatts (MW) em 2004.

As estimativasdo potencial eólico brasileiro eram da ordem de 20.000 MW. Hoje a maioria dos estudos indica valores bem maiores que 60.000 MW. Essas divergências decorrem principalmente da falta de informações (dados de superfície) e das diferentes metodologias empregadas.[17]
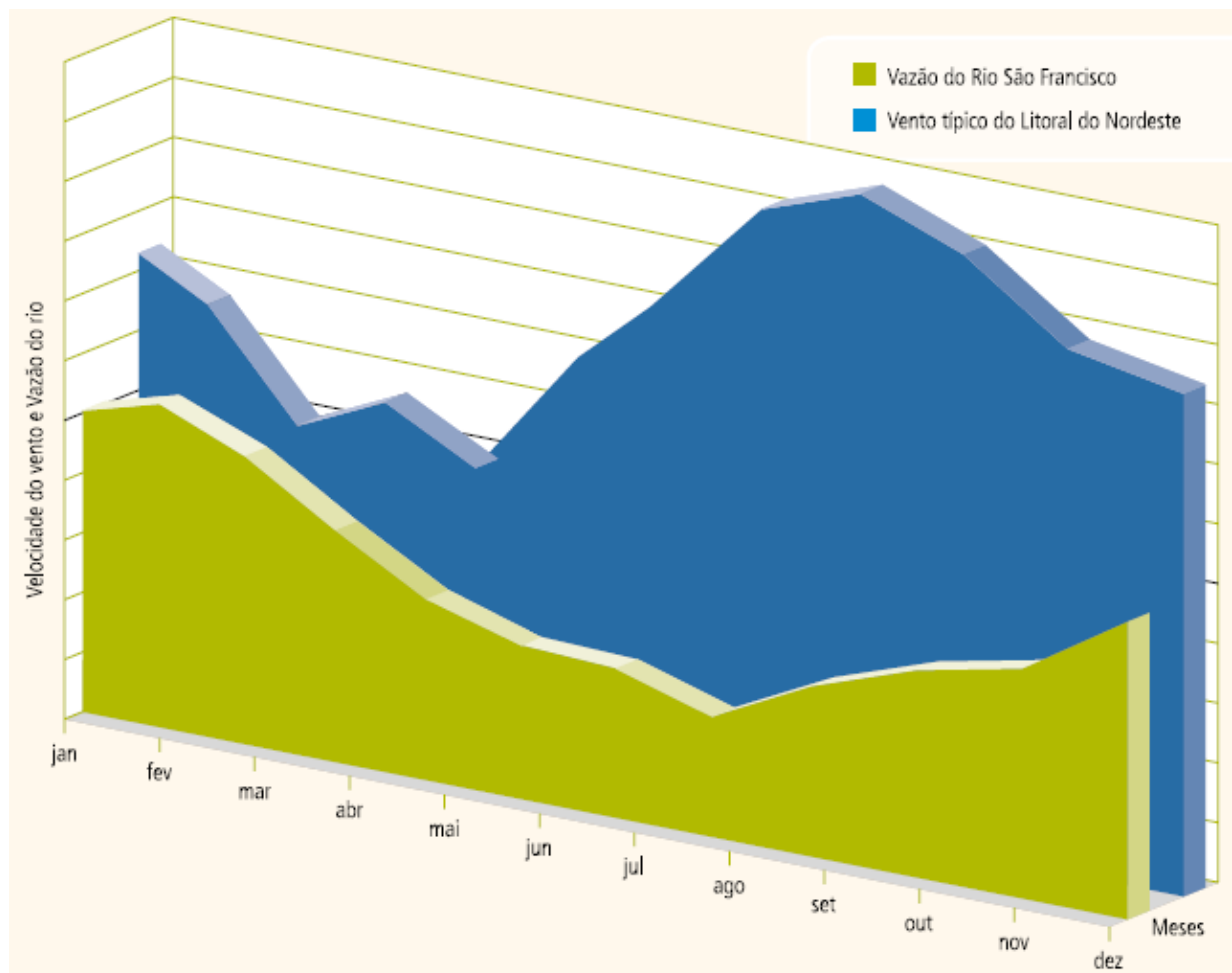
Figura 4: Complementaridade entre a geração hidrelétrica e eólica. [17]

3.5 Energia solar fotovoltaica

A energia solar é, em potencial, a maior fonte de energia do mundo.

Abaixo podemos ver em comparação com outras fontes de energia não renovável e energia renovável.Como podemos ver, a solar é de longe a mais abundante na natureza e ela é mais do que suficiente para atender a toda demanda mundial de energia com uma grande sobra.
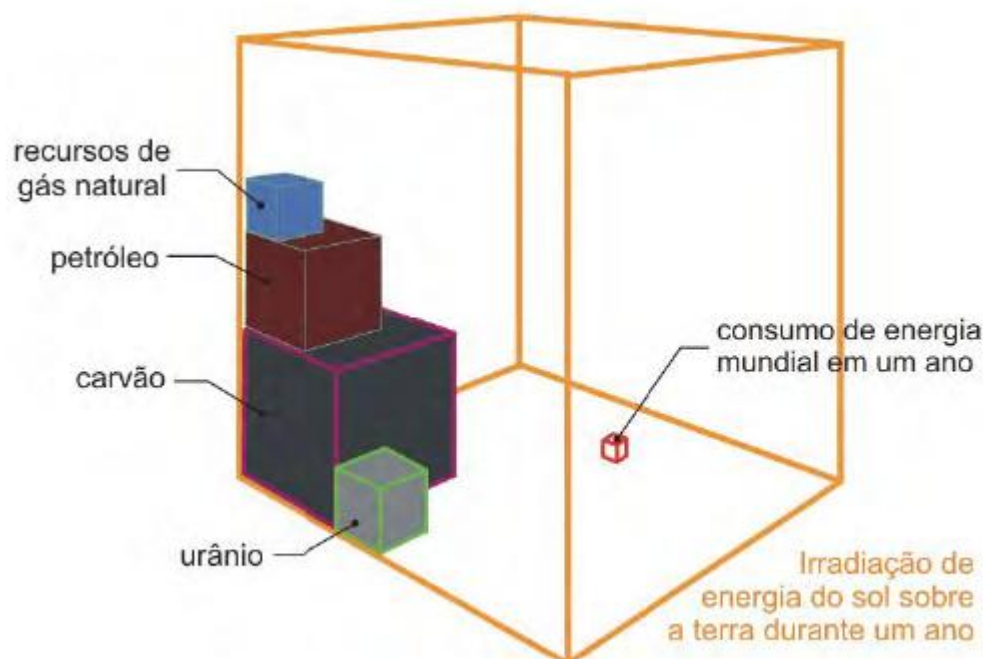
Figura 5: Recursos não renováveis em comparação com a irradiação solar.
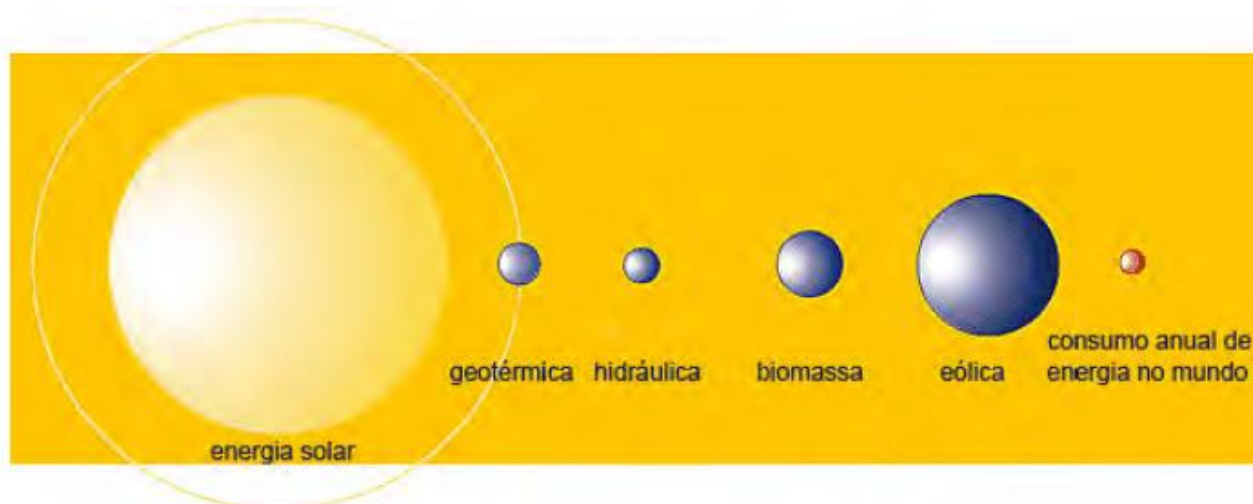
Figura 6: Recursos renováveis em comparação com a irradiação solar.

A energia solar pode ser transformada em outras formas de energia, de forma a suprir nossas necessidades energéticas. A primeira é a energia solar térmica, usada para aquecimento de água. Usar o sol para aquecer a água é muito mais eficiente que quando usamos energia elétrica, apesar de necessitar de um investimento maior do que a elétrica a redução nos custos de energia pagam o sistema de aquecimento solar de água rapidamente.

Figura 7: Sistema de aquecimento solar. [18]

Outra forma de transformar a energia do sol é usando uma usina heliotérmica, na teoria se assemelha com o aquecimento solar, mas a água é aquecida a uma temperatura muito mais alta, com o intuito de alimentar uma turbina térmica e gerar energia elétrica. Abaixo podemos ver o tipo mais comum de usina heliotérmica, a que concentra os raios solares em um ponto.
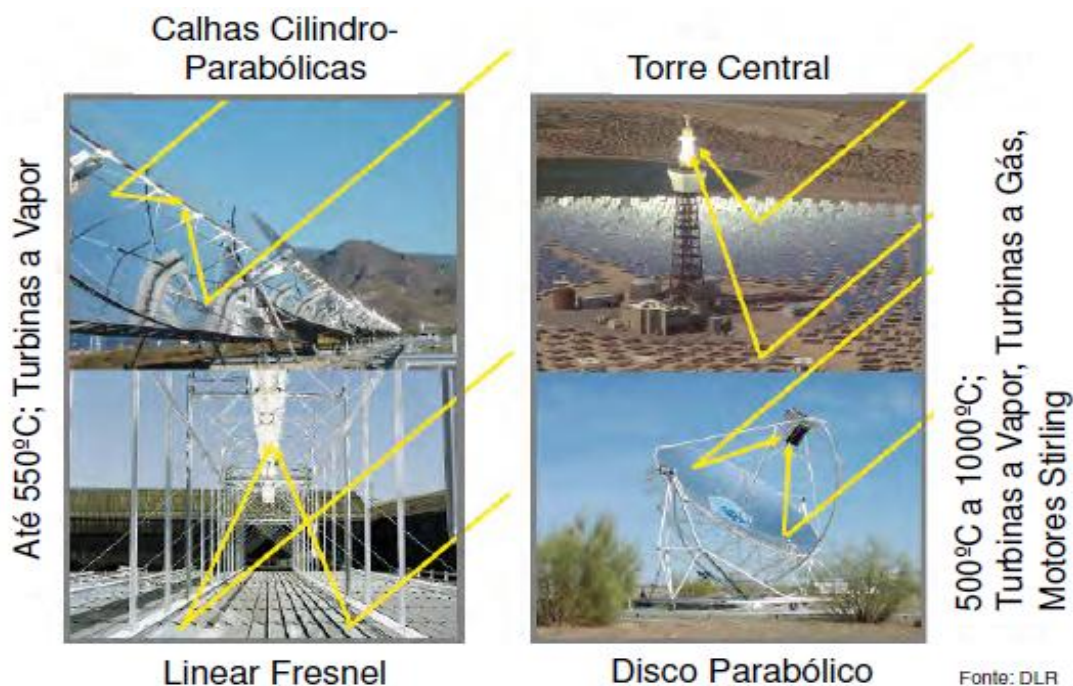
Figura 7: Usina heliotérmica de geração de energia elétrica. [18]

A forma de transformar energia solar em energia elétrica que é mais usada é a fotovoltaica, por causa de sua simplicidade e custo, tanto de instalação como o de manutenção.
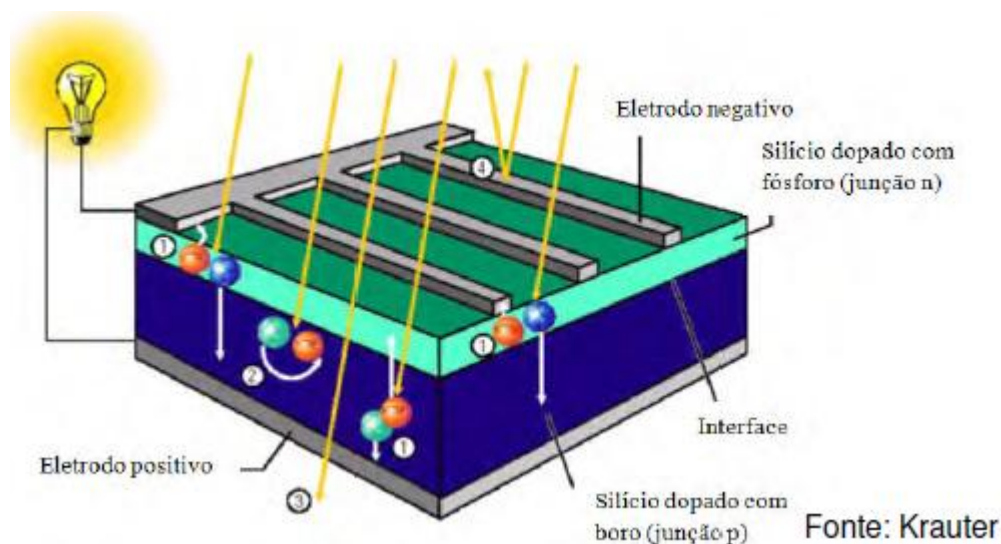
Figura 8: Célula solar de silício. [18]

Apesar de sua fácil instalação e baixo custo de manutenção, sua eficiência deixa a desejar, mas ela tem melhorado muito com o passar dos anos e se mostrou a melhor tecnologia para o aproveitamento energético do sol até agora, ganhando espaço no mercado mundial, impulsionado pelo grande investimento europeu neste tipo de tecnologia, principalmente a Alemanha, que incentivo a sua utilização remunerando melhor a energia solar fotovoltaica, em comparação com a energia elétrica produzida por outras fontes de energia.

100%	Radiação solar na célula
-2,5%	Reflexão e sombreamento por contatos
-20%	Energia insuficiente de fótons (ondas longas)
-30%	Energia excessiva (ondas curtas)
-15%	Recombinação (aumenta com temperatura!)
-10%	Gradiente do potencial elétrico
-6%	Curva característica
-0,5%	Perda resistiva (calor na condução)
16%	**Energia útil**
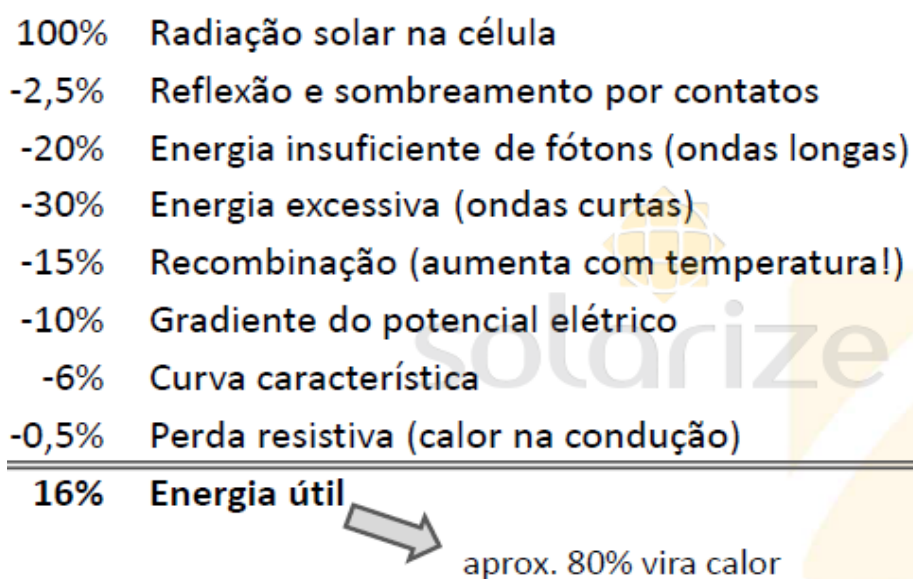
Figura 9: Eficiência de uma célula solar de silício comercial. [4]

Então porque sua participação como um todo é tão inexpressiva em comparação as outras fontes de energia? A resposta é o alto custo final da energia. Equipamentos que convertem a energia solar em energia elétrica ainda são muito caros em comparação com os usuais e por isso seria necessário um grande investimento para que a sua utilização fosse ampliada, o que desestimula o seu uso.

Outro problema, é que além do alto valor do investimento, é que a energia solar é intermitente, visto que temos sol somente de dia, é necessário armazenar está energia para que possa ser utilizada a noite encarecendo ainda mais o sistema.

Mas com as mudanças climáticas ameaçando o equilíbrio natural do nosso planeta, e com a crise no abastecimento de petróleo, o baixo preço da energia elétrica proveniente das fontes de energia poluentes começou a ser questionado e percebeu-se que havia outros valores a serem somados para se revelar o verdadeiro preço da energia proveniente destas fontes de energia o que despertou o interessemundial em investir em energia solar.

Figura 7: Custos externos ao preço da energia.[18]

No Brasil o interesse pela energia solar começou a crescer depois da criação da Resolução Normativa 482 da ANEEL, que viabilizou vários projetos, além da alta nos preços das tarifas de energia elétrica, causada pela baixa nos reservatórios de água das hidroelétricas, que compõem a maior parte da matriz energética do Brasil, forçando a utilizar termoelétricas que são muito mais onerosas.

4. Resolução Normativa 482 – ANEEL

Está resolução foi criada no dia 17 de abril de 2012, com as contribuiçõesrecebidas na Consulta Pública nº 15/2010, realizada por intercâmbio documental no período de 10 de setembro a 09 de novembro de 2010 e na Audiência Pública nº 42/2011, realizadas no período de 11 de agosto a 14 de outubro de 2011[1].

Nesta resolução fica adotado que microgerador distribuído serãocom potência instalada menor ou igual a 100 kW e minigerador distribuído serãocom potência instalada superior a 100 kW e menor ou igual a 1 MW, sendo ambos conectados a rede através de uma unidade consumidora e com fontes a base de energia solar, hidráulica, eólica, biomassa ou cogeração qualificada.

Ela estabelece as condições de acesso de micro e mini geradores a rede de distribuição, assim como a compensação pela energia gerada injetada na rede traria, como ela seria medida e as responsabilidades por danos ao sistema elétrico que serão discutidas com mais detalhes abaixo.

4.1.Condições gerais para acesso

Após o lançamento desta resolução normativa as distribuidoras tiveram 240 dias para adequar seus sistemas comerciais e elaborar ou revisar normas técnicas para tratar do acesso de microgeração e minigeração distribuída.

Ao mini e micro gerador distribuído que aderir ao sistema de compensação de energia elétrica fica dispensada a celebração de contrato de uso e conexão a rede da distribuidora, sendo suficiente a celebração de Acordo Operativa para os minigeradores ou do Relacionamento Operacional para os microgeradores com a finalidade de formalizar os procedimentos operativos para ainterligação entre o ACESSANTE DE GERAÇAO DE BT ou MTconectados diretamente em um ramal alimentador pertencente à distribuidora.

A potência máxima permitida para o gerador será igual a demanda contratada ou carga instalada no caso BT. Para se poder instalar um gerador com potencia mais elevada, antes se deve pedir um aumento de carga ou na demanda contratada, obedecendo as regras de cada distribuidora.

Os custos de ampliação ou reforço no sistema para que o mesmo possa suportar a um gerador distribuído participante do sistema de compensação será integralmente da distribuidora.

4.2. O sistema de compensação de energia elétrica

O sistema de compensação não muda o que já existe de norma sobre faturamento de energia e sim complementa o mesmo, pra o caso dos consumidores que possuem gerador e desejam injetar energia na rede de distribuição.

Como o nome nos induz, esse sistema regulamenta a compensação da energia elétrica injetada com a consumida pelo consumidor diminuindo o custo e aumentando a eficiência do sistema de geração residencial por acabar com a necessidade de possuir baterias para que o mesmo possa usar energia quando seu gerador estiver fora de funcionamento, ou seja, sem vento no caso da eólica e sem sol no caso da fotovoltaica. A energia elétrica é dada como empréstimo gratuito e posteriormente devolvida como credito na conta de luz.

Neste sistema o consumidor poderá até mesmo gerar mais energia do que consome, gerando credito para outros meses, com validade de 36 meses, podendo inclusive ser usado em outras unidades consumidoras pertencentes ao mesmo CPF ou CNPJ, mas o consumidor continuará pagando pelo custo de disponibilidade, mesmo que gere mais energia que consumir.

Nesta resolução se descreve a compensação em energia elétrica ativa, a energia elétrica ativa gerada e injetada deve ser compensada com a energia ativa consumida, mas não deixou claro como isso seria feito nas contas de energia elétrica e o ministério da fazenda decretou que o ICMS, deve ser cobrado sobre o total de energia consumida e por isso a energia injetada possui valor monetário menor que a energia consumida, visto que a energia consumida tem incidência de ICMS e a energia injetada é creditada com a tarifa sem o imposto.

Caso o consumidor tenha tarifas diferentes para cada horário, energia injetada deve ser compensada levando em conta que horário ela foi produzida e compensada com o consumo do mesmo horário, e só depois ser transferida para outros horários respeitando a proporcionalidade entre as tarifas.

Pra consumidores do grupo A, que são atendidos com alta tensão e medidos na baixa, será descontado da energia injetada o valor de perda de transformação de energia de acordo com o nível da tensão de entrada, podendo chegar a 2,5% na diminuição dos créditos gerados para consumidores com nível de tensão menor que 44KV.

4.3. Medição da energia elétrica

Os custos para adequação do sistema de medição são responsabilidade do consumidor que estiver interessado em injetar a energia na rede de distribuição. Este custo será a diferença entre o sistema de medição comum unidirecional e o novo sistema a bidirecional a ser instalado, que será capaz de medir quanto de energia foi injetada na rede.

Depois de instalado o novo sistema de medição a distribuidora será a responsável pela manutenção, a até eventual substituição do mesmo. A distribuidora terá prazos definidos para a adequação do seu sistema conforme prazos já definidos anteriormente a esta norma regulatória.

5. Procedimentos de conexão com a concessionária LIGHT

Para atender a resolução 482, as concessionárias de energia tiveram que adequar os seus sistemas comerciais e elaborar ou revisar as normas técnicas, com isso foi criado o documento nomeado "LIGHT_Informacao_Tecnica_DTE_DTP_01_2012_Dez2013" [5]que possui todos os procedimentos de acesso, padrões de projeto, critérios técnicos e operacionais e o relacionamento operacional envolvidos na conexão de consumidores, atendidos em baixa e média tensão, que utilizem fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada.

De acordo com a figura das etapas do procedimento de acesso ao microgerador à rede da LIGHT, podemos ver que, caso não tenha nenhuma pendência, na solicitação de acesso (depende do solicitante), de obra de reforço ou de ampliação no sistema de distribuição (depende da distribuidora), assinatura do relacionamento operacional (depende do solicitante e da distribuidora) ou no relatório de vistoria (depende do solicitante), o processo ocorrerá em no máximo 82 dias, como podemos ver na figura abaixo.

Cliente	Prazo	Concessionária	Prazo
Elaborar projeto			
Solicitar acesso			
		Informar pendências	?
Resolver pendências	60 d		
		Emitir parecer	30 d
Instalar sistema			
Assinar contrato	(90 d)	Assinar contrato	(90 d)
Solicitar comissionamento	livre		
		Realizar comissionamento	30 d
		Relatório de comissionamento	15 d
Adequação conforme relatório	livre		
		Aprovação	7 d
Total			máx. 82 d

Figura 8: Etapas do procedimento de acesso ao microgerador à rede da LIGHT.[4]

A seguir explicaremos melhor cada etapa da figura acima, isto é, a solicitação de acesso, o parecer de acesso, relacionamento operacional e a solicitação de vistoria/comissionamento.

A solicitação de acesso é o primeiro contato com o solicitante para com a distribuidora, nelesão entregues a carta de solicitação de serviço, o "Formulário de Solicitação para Energia Alternativa" e os documentos de projeto necessários para que possam ser conferidos se estão sendo atendidos as especificações requeridas.

Os documentos de projeto pedidos na solicitação de acesso são:

- Planta de situação/ localização;
- Cópia autenticada da Anotação de Responsabilidade Técnica (ART), devidamente numerada, do(s) responsável (veis) pelo projeto, execução, operação e manutenção da Microgeração/Minigeração
- Carta de credenciamento assinada pelo proprietário ou seu representante legal, apresentando profissional (Eng.º eletricista) ou empresa de engenharia, habilitados pelo CREA-RJ, contratados como responsáveis técnicos e autorizados para tratar das questões técnicas e comerciais atinentes ao processo de solicitação de fornecimento de energia elétrica;
- Diagrama unifilar completo;
- Diagramas esquemáticos e funcionais;
-Cópia dos manuais técnicos dos reles e inversores;
- Certificação INMETRO do Inversor e/ou aprovação de tipo por laboratórios nacionais e internacionais acreditados pelo INMETRO [9] desde que cumpram os requisitos estabelecidos nesta norma.

O parecer de acesso é o documento formal dado pela LIGHT ao solicitante em um prazo de 30 dias, caso não exista nenhuma pendência na solicitação de acesso. Neste documento estão descritos as condições de acesso, compreendendo a conexão e o uso, e os requisitos técnicos que permitam a conexão das instalações do solicitante, com os respectivos prazos.

O Relacionamento Operacional deve ser celebrado entre as partes no prazo máximo de 90 dias após a emissão do parecer de acesso.

A Solicitação de Vistoria será feita depois da conclusão das obras necessárias para início da operação do sistema a pedido do solicitante, nas Agências Comerciais. A Light SESA terá o prazo de até 30 dias para realização da Vistoria.

Caso não tenha sido encontrado nenhum impedimento na vistoria em até 7 dias é liberado o acesso à rede.

É necessário que o padrão de entrada de energia esteja de acordo com a "Regulamentação para o Fornecimento de Energia Elétrica a Consumidores Atendidos em Baixa Tensão" – RECON BT e também que esteja de acordo com a potência de geração que se deseja instalar. [7]

Potência de Geração Instalada	Categoria de conexão
< 10 kW	Monofásico, bifásico ou trifásico
10 a 1000 kW	Trifásico
<15 kW (em Rede Rural monofásica com transformador exclusivo)	Monofásico

Figura 9: Categoria de Conexão em Função da Potência [5]

Caso o gerador que se deseja instalar tenha uma potência maior que a permitida pelo seu padrão de entrada, por exemplo, a potência do gerador é maior que 10 kW em um ambiente urbano e o padrão de entrada é monofásico, então será necessário fazer primeiro uma solicitação de aumento de carga, antes de começar a fazer a solicitação de acesso.
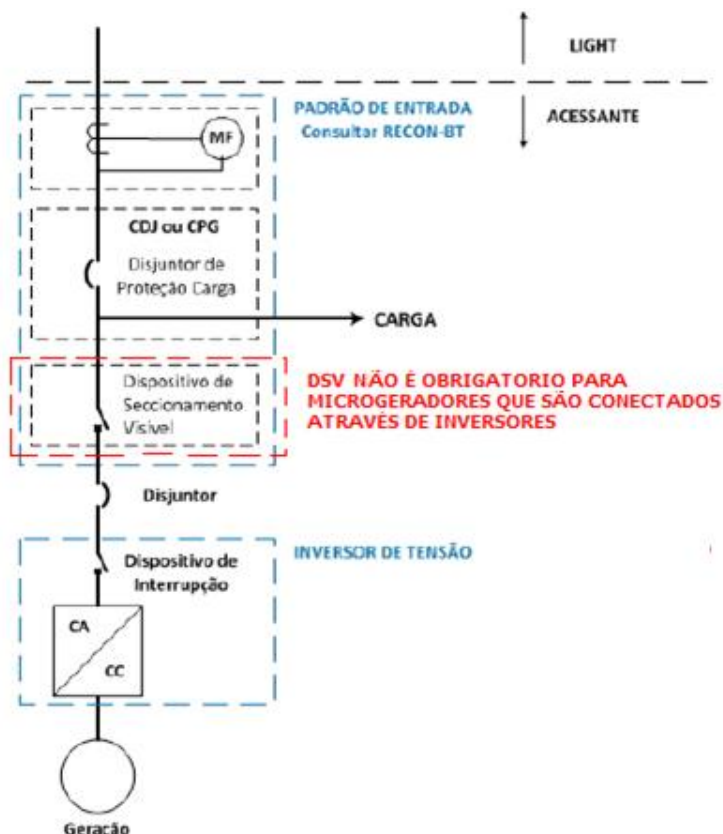
Figura 10: Forma de conexão através de inversor a rede BT (modificado da LIGHT) [5]

A figura acima ainda está para ser modificada no documento da LIGHT, mas já esta valendo a nova informação de que o DSV não é mais obrigatório para conexão através de inversores, pois os mesmos já têm função anti-ilhamento obrigatória que assegura o desligamento do sistema de geração em caso de falta de energia ou manutenção da rede, e abaixo está um exemplo de padrão de entrada. [8]

Figura 11: Exemplo de um padrão de entrada (modificado da LIGHT) [5]
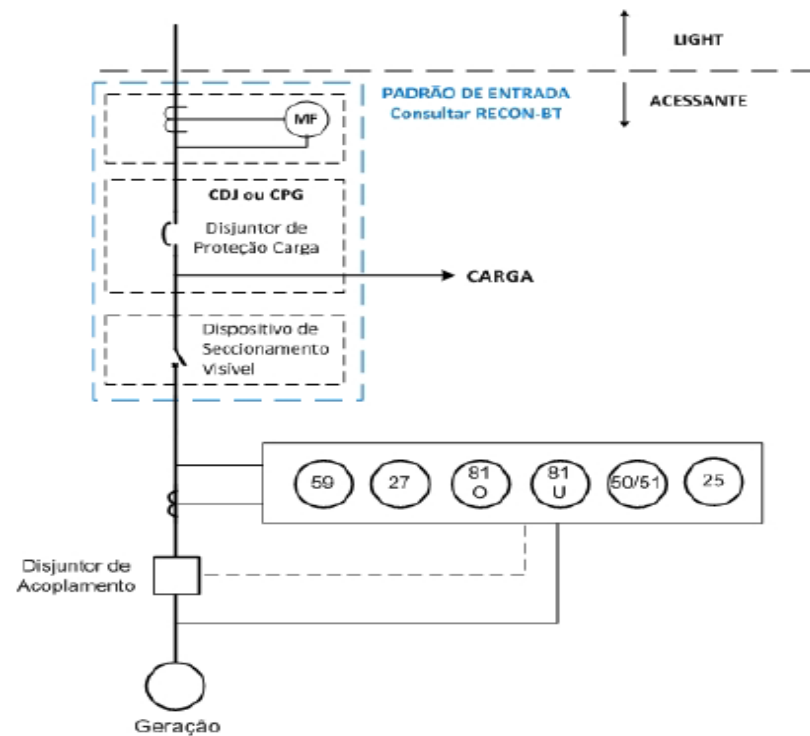
Figura 12: Forma de conexão (sem usar inversor) a rede BT da LIGHT. [5]

Nos microgeradores conectados a rede sem o uso de inversores ou nos minigeradores o esquema de ligação acima tem que ser seguido, isto é, uso obrigatório de caixa DSV, disjuntor de acoplamento acionado por relés responsáveis pelo paralelismo, além de outros requisitos de proteção na norma da LIGHT [7] que vão depender da potência do sistema de geração.
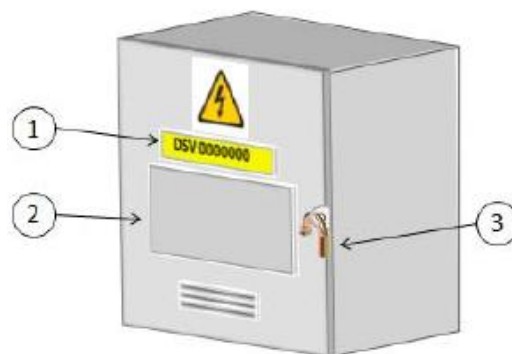
Figura 13: Caixa do Dispositivo de Seccionamento Visível. [5]

1. Placa de identificação da instalação, conforme Anexo 1 desta Informação
2. Janela protetora de policarbonato permitindo a visualização doposicionamento da chave seccionadora sob carga;
3. Dispositivo Mecânico de Bloqueio (a ser fornecido pela LIGHT SESA).

A caixa deverá possuir elemento que permita a instalação de dispositivo mecânico de bloqueio padrão Light SESA e possuir grau de proteção mínimo IP65.

Existem alguns requisitos de proteção e qualidade que devem ser atendidos para que a solicitação de acesso seja aceita.

Abaixo estão descritos os requisitos de proteção da interconexão para cada faixa de potência.

Requisitos de Proteção	Potência Instalada		
	Até 100 kW	101 a 500 kW	501 kW a 1 MW
Elemento de desconexão	Sim	Sim	Sim
Elemento de interrupção	Sim	Sim	Sim
Transformador de acoplamento	Não	Sim	Sim
Proteção de sub e sobretensão	Sim	Sim	Sim
Proteção de sub e sobrefrequência	Sim	Sim	Sim
Proteção contra desequilíbrio de corrente	Não	Não	Sim
Proteção contra desbalanço de tensão	Não	Não	Sim
Sobrecorrente direcional	Não	Não	Sim
Sobrecorrente com restrição de tensão	Não	Não	Sim
Proteção de sobrecorrente	Sim	Sim	Sim
Relé de sincronismo	Sim	Sim	Sim
Anti-ilhamento	Sim	Sim	Sim

Figura 14: Requisitos de proteção

Abaixo serão apresentados os requisitos de qualidade que o sistema de geração deve possuir.

No caso de anomalia no valor de tensão na rede o sistema de geração deve cessar o fornecimento no tempo descrito abaixo, mas permanecer monitorando a rede para se religar quando o valor de tensão voltar ao valor normal.

Tensão no ponto comum de conexão (% em relação à $V_{nominal}$)	Tempo máximo de desligamento [1]
$V < 80\ \%$	0,4 s [2]
$80\ \% \leq V \leq 110\ \%$	Regime normal de operação
$110\ \% < V$	0,2 s [2]

Figura 15: Resposta às condições anormais de tensão em geradores com interfaceinversora.

No caso de anomalia no valor da frequência o sistema de geração deverá:

Quando a frequência da rede assumir valores abaixo de 57,5 Hz, o sistema degeração distribuída deve cessar o fornecimento de energia à rede elétrica em até 0,2s.

Quando a frequência da rede ultrapassar 62 Hz, o sistema de geração distribuídadeve cessar de fornecer energia à rede elétrica em até 0,2 s.

Na faixa de 57,5Hz até 62 Hz, o sistema de geração de assumir os valores do gráfico abaixo.
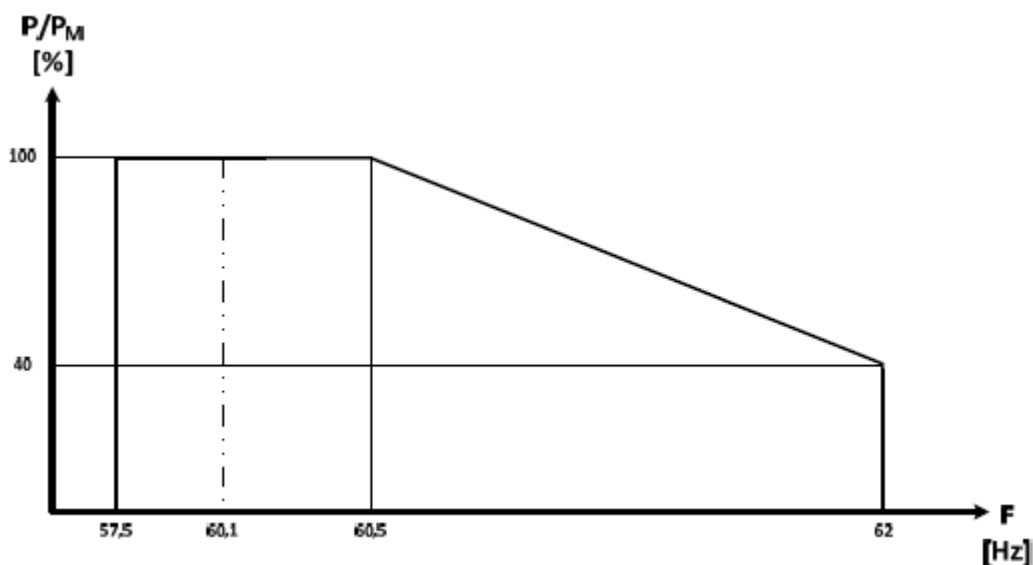
Figura 16: Curva de operação do sistema de geração distribuída em função dafrequência da rede para desconexão por sobre/subfrequência

A distorção harmônica total de corrente deve ser inferior a 5 %, na potência nominaldo sistema de geração distribuída. Cada harmônica individual deve estar limitadaaos valores apresentados abaixo.

Harmônicas ímpares	Limite de distorção
3° a 9°	< 4,0 %
11° a 15°	< 2,0 %
17° a 21°	< 1,5 %
23° a 33°	< 0,6 %
Harmônicas pares	**Limite de distorção**
2° a 8°	< 1,0 %
10° a 32°	< 0,5 %

Figura 17: Limites de distorção harmônica de corrente

No caso de uma “desconexão” devido a uma condição anormal da rede, o sistemade geração distribuída não deverá se reconectar imediatamente após a retomadadas condições normais de tensão e frequência da rede. O ajuste do tempo mínimode reconexão depois de retomada das condições de tensão e frequência será de180 segundos.

O sistema de geração distribuída deve ser capaz de operar dentro das seguintesfaixas de fator de potência quando a potência ativa injetada na rede for superior a20% da potência nominal do gerador:

Sistemas de geração distribuída com potência nominal menor ou igual a 3kW: FP igual a 1 com tolerância de trabalhar na faixa de 0,98 indutivo até 0,98capacitivo;

Sistemas de geração distribuída com potência nominal maior que 3 kW emenor ou igual a 6 kW: FP ajustável de 0,95 indutivo até 0,95 capacitivo;

Sistemas de geração distribuída com potência nominal maior que 6 kW: FPajustável de 0,92 indutivo até 0,92 capacitivo.

Após uma mudança na potência ativa, o sistema de geração distribuída deve sercapaz de ajustar a potência reativa de saída automaticamente para corresponder aoFP predefinido.

O sistema de geração distribuída deve parar de fornecer energia à rede em 0,2 se ainjeção de componente c.c. na rede elétrica for superior a 1 A ou em 1 s se a injeçãode componente c.c. for superior a 0,5 % da corrente nominal do sistema de geraçãodistribuída, o que for mais rápido.

O sistema de geração distribuída com transformador com separação galvânica em60 Hz não precisa ter proteções adicionais para atender a esse requisito.

Ao encomendar seu inversor, verifique se o fabricante atende a todas estas exigências para evitar que a solicitação de acesso seja negada.

6. Viabilidade Técnica e Econômica da Microgeração Solar Residencial

Antes de tudo, cabe ressaltar que apesar da Resolução Normativa 482 ter viabilizado vários projetos de geração de energia solar, nenhum deles será mais vantajoso que uma medida de eficiência energética, abaixo serão dados alguns exemplos do que se deve ser feito antes de se pensar em um projeto de geração de energia solar fotovoltaica.

No caso de um sistema de geração de energia solar são necessários em media 7 mil reais para cada 1 kW de potencia instalada e com essa potência um sistema de geração solar produz em media 120kwh/mês, podendo varias para mais, no verão e menos no inverno, o que seria equivalente a economizar 120kwh/mês [4].

Mas quando para se economizar 12kwh/mês [6] com a troca de uma lâmpada incandescente de 100W por uma lâmpada florescente de 23 W são gastos 10 reais, então para se ter uma economia de 120kwh/mês equivalente a um sistema solar seriam gastos 100 reais e não 7 mil reais. Uma casa com lâmpadas incandescente pensando em instalar geradores de energia solar é uma contradição. No caso da energia solar deve-se pensar na possibilidade de talvez valer a pena trocar as lâmpadas fluorescentes por de LED, que estão cada vez mais baratas e que são muito mais econômicas.

Outro exemplo é a do aquecimento de água, que costuma ser uma parcela considerável na conta de luz de uma residência comum. Não faz sentido usar a energia fotovoltaica para aquecer a água em um chuveiro elétrico, é muito mais eficiente usar o sol para aquecer água direto.

Com um sistema de aquecimento de água solar boa parte da água quente consumida vira do Boiler, reservatório térmico de água que manterá a água quente para ser usada a noite e se bem dimensionado e de qualidade pode aguentar até o banho matinal, onde o sol iria começar a reesquenta a água sem o uso da eletricidade.

Caso a residência em questão já tenha adotado as medidas de eficiência energéticas é possível pensar em energia solar, e para isso se deverá ponderar sobre seu consumo atual, investimento disponível, área disponível e sombra. O projetista ter a missão de pegar estas informações e encontrar uma combinação de inversores e módulos que melhor adequar a essas condições.
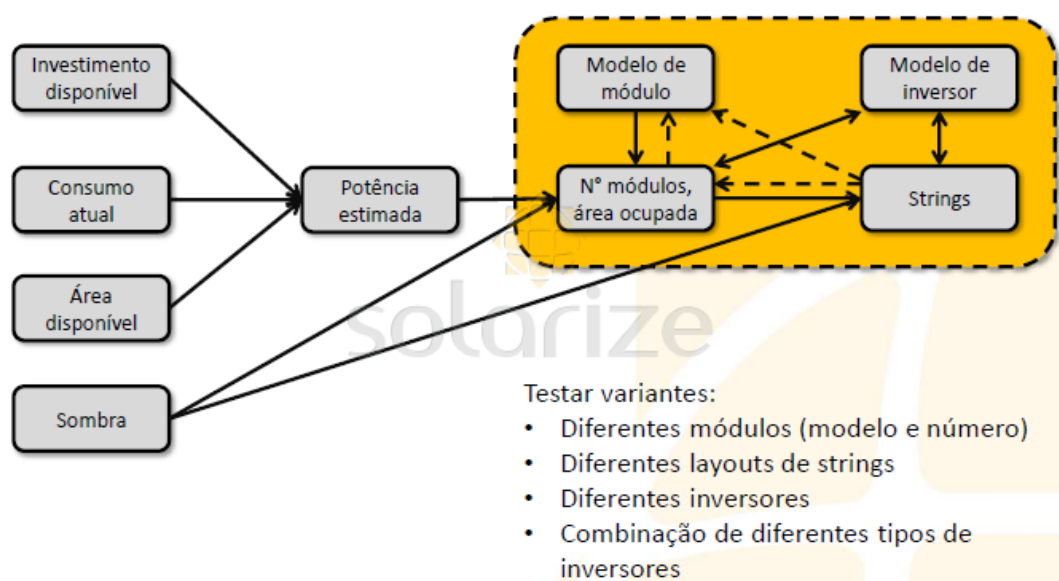
Figura 18: Limites de distorção harmônica de corrente. [4]

Uma coisa a se pensar é no local onde os painéis solares podem ficar, geralmente no telhado, os painéis solares e os trabalhadores que iram instala-los precisam que a estrutura do telhado aquente o peso extra por questões de segurança. Mas também podem ficar no nível do solo, caso aja espaço e sol.

A sua orientação também é importante, o painel deve ser apontado para o norte, pois estamos no hemisfério sul, e a inclinação vai depender da distancia que se está do equador (latitude), à medida que vai se afastando do equador o painel tem que ficar mais inclinado para extrair a energia do sol com mais eficiência.

Mas a perda de eficiência por desvio do norte ou da inclinação ideal é pequena e deve ser analisado com muito cuidado para não onerar demais o projeto tentando solucionar problema que causa de uma perda pequena na eficiência. Mas é claro que se o telhado estiver virado para o lado errado, isto é, para o sul, por exemplo, a eficiência cairia cerca de 30% em relação a estar virada para o norte e neste caso, uma estrutura diferente ou se possível outro telhado deve de ser pensado.
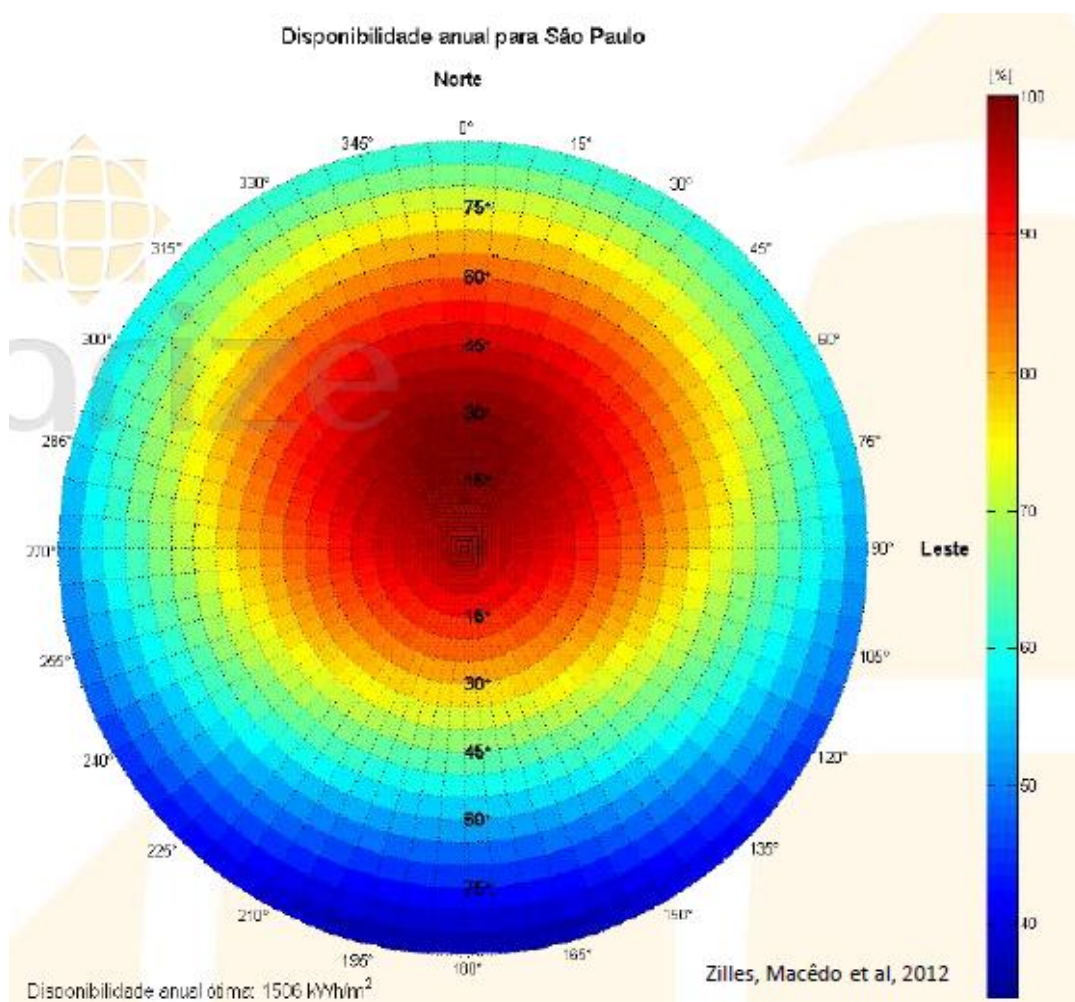
Figura 19: Perda de eficiência por desvio do norte e da inclinação ideal. [4]

Encontrado o sistema de geração fotovoltaica ideal para a unidade consumidora estudada, deve-se começar a analise da rentabilidade deste projeto, isto é, a rentabilidade energética e financeira.

Uma opção preliminar seria a utilização do simulador do instituto ideal, [19]que com as informações de sua localidade, consumo de energia elétrica dos últimos meses e o valor da conta simula um sistema fotovoltaico, que atenderia toda a demanda da unidade levando em conta o custo de disponibilidade.

É um valor aproximado baseado em um sistema de geração ideal, apontado para o norte e com a inclinação ideal, mas ajuda a ter uma boa ideia, além de trazer informações de contato para empresas instaladoras de sistemas fotovoltaicos e links para as regulamentações especificas da distribuidora da região escolhida.

Outra maneira de se analisar a rentabilidade do sistema de geração solar é usando o programa RetScreen que de maneira mais completa, estima também a rentabilidade financeira desta energia. Esse programa foi criado pelo governo do Canadá e pode ser baixado gratuitamente [20]. Ele funciona como uma Makro do Excel e possui versão em português.

Figura 20: Cadastrando projeto no RetScreen. [4]

- Nome / Localização: meramente informativo
- Tipo: Produção de Eletricidade
- Tecnologia: Fotovoltaica
- Tipo de grid: Rede central
- Tipo de Análise: Método 1
- Clicar em "Selecionar local de dados climáticos"
- Clicar em "completar a planilha de modelo energético"

Mês	Radiação solar diária - horizontal kWh/m²/d	Radiação solar diária - inclinada kWh/m²/d	Preço eletricidade exportada BRL/MWh	Eletricidade exportada p/ rede MWh
Janeiro	5,21	4,78	500,0	0,496
Fevereiro	5,41	5,15	500,0	0,474
Março	4,76	4,81	500,0	0,490
Abril	4,31	4,73	500,0	0,466
Maio	3,66	4,29	500,0	0,441
Junho	3,65	4,60	500,0	0,457
Julho	3,66	4,49	500,0	0,463
Agosto	4,32	4,95	500,0	0,507
Setembro	4,18	4,32	500,0	0,438
Outubro	4,74	4,60	500,0	0,481
Novembro	4,97	4,61	500,0	0,468
Dezembro	5,02	4,57	500,0	0,479
Anual	**4,49**	**4,66**	**500,00**	**5,660**

Figura 21: Inserindo o valor do preço da energia elétrica, a orientação e inclinação do projeto no RetScreen. [4]
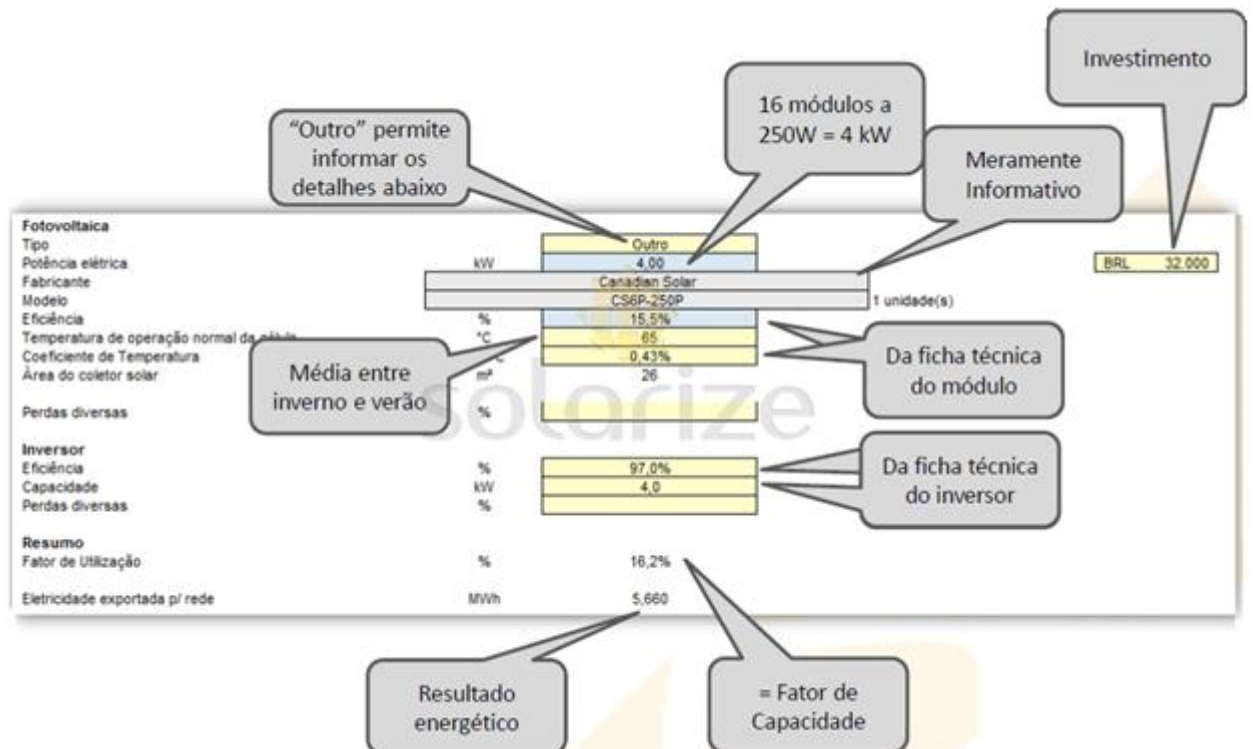
Figura 22: Inserindo o valor do investimento e dados técnicos do projeto no RetScreen. [4]
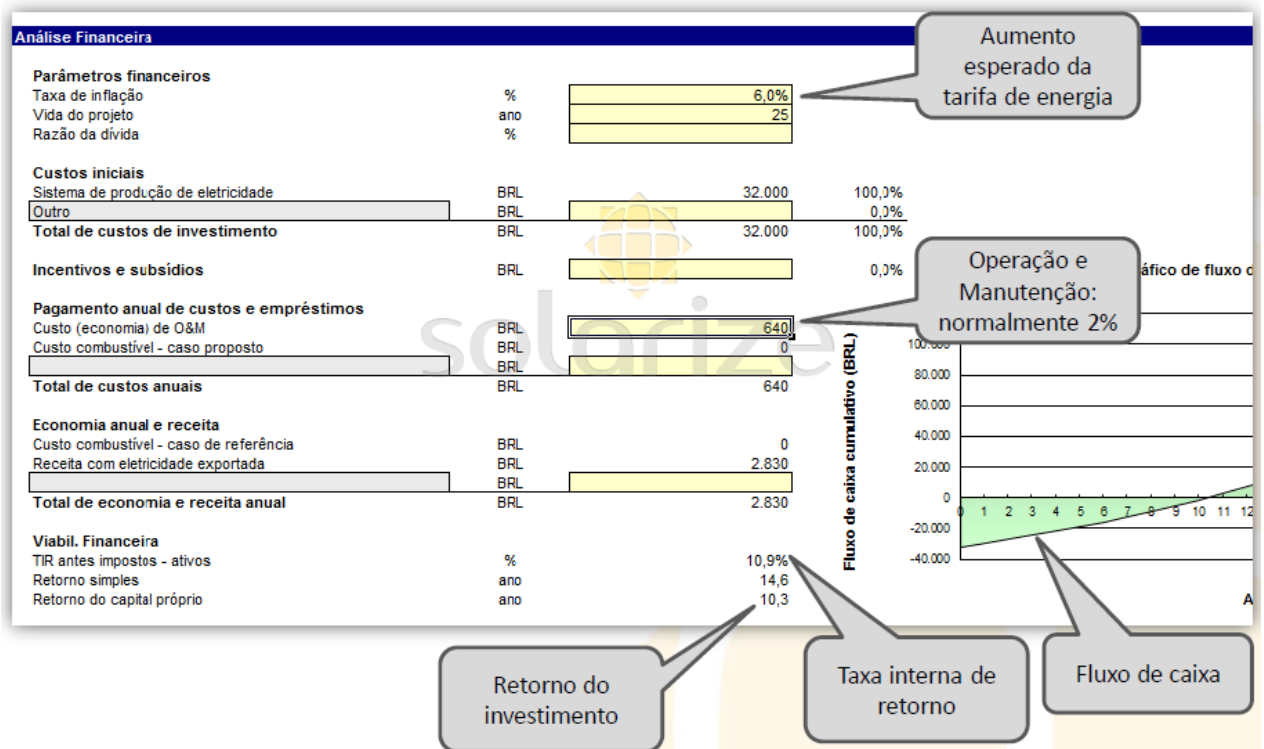
Figura 23: Inserindo a inflação esperada e custo de manutenção do projeto no RetScreen. [4]

Finalizando a simulação se analisa os resultados da utilização do RetScreen [21] com algumas perguntas em mente. O retorno financeiro chega antes do fim da vida útil do sistema solar? Quando o dinheiro investido será ressarcido? Qual tem que ser a taxa interna de retorno TIR de uma aplicação financeira para que ela supere o investimento no sistema solar?

No exemplo dado pelas figuras 20 a 23, a resposta para estas perguntas seriam, sim o retorno chega antes do fim da vida útil do sistema solar. È previsto 10 anos para o ressarcimento do investimento. A taxa interna de retorno anual será de 10,9%, isto é melhor que a taxa da poupança.
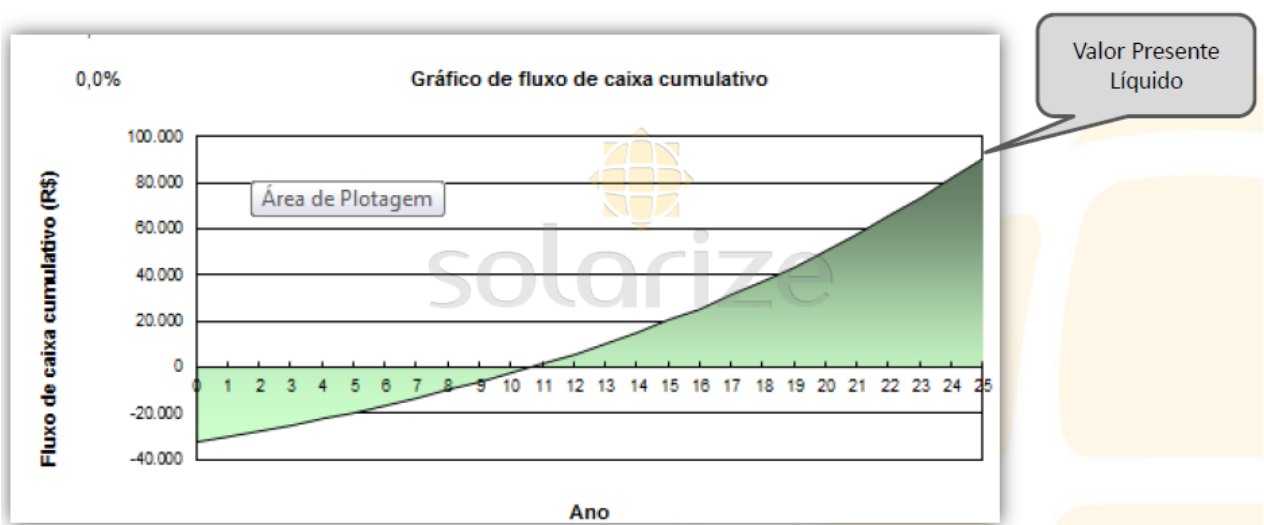
Figura 24: Fluxo de caixa ao longo da vida útil do projeto no RetScreen. [4]

7. Projeto Prático de Microgeração Solar Residencial com a LIGHT

Primeira usina de geração de energia elétrica solar comercial do Brasil, feita pela empresa MPX, hoje Eneva, 1 MW, em operação desde agosto de 2011, projetos de grande como este ajudaram a difundir a tecnologia da energia solar no Brasil e dar bases para se criarem medidas de incentivo que estão presentes hoje em dia.

Figura 25: Usina Solar Fotovoltaica Tauá – CE

Um dos primeiros projetos residenciais feitos sobre a visão da Resolução normativa 482 foi o da figura abaixo, onde foram instalados 9 módulos de 235Wp totalizando 2115Wp de módulos instalados e um inversor de 2kW importado da Eltek, que funciona mantendo a energia gerada pelos módulos em conformidade com a da rede elétrica a todo instante. O inversor também desconecta os módulos da rede caso a mesma apresente alguma queda, evitando que funcionários da LIGHT corram perigo em caso de manutenção da rede elétrica.

O sistema foi organizado de forma didática com objetivo de facilitar a compreensão em cursos ou visitas técnicas. O projeto foi desenvolvido pelas empresas Solarize Serviços em Tecnologia Ambiental, junto com a empresa Polo Engenharia e contou com apoio de Deloys, Dr. Gustavo Malagoli, Eltek e GIZ.

Figura 26: Primeira usina de microgeração residencial solar do Rio de Janeiro[4]

O projeto foi feito com o intuito de produzir 228kWh mensais, isto é 65% do consumo da residência que gira em torno de 350kWh.

A casa tinha o padrão de entrada antigo e teve que se adequar para o novo padrão para ter seu projeto aprovado e seu medidor trocado por um bidirecional.

Figura 27: Antigo medidor [4]

Figura 28: Novo medidor bidirecional com padrão de entrada ao lado do DSV. [4]

O projeto foi feito antes da retificação da ANEEL, por isso possui a caixa do Dispositivo de Seccionamento Visível(DSV), como era exigido antigamente.

Figura 29: Inversor de 2KW com monitoramento remoto [4]

Figura 30: monitoramento remoto do inversor [4]

O calculo para análise do retorno financeiro ficou bem complexo, pois existem vários fatores desconhecidos e que oscilam de mês em mês, como o consumo direto.

A proposta da Regulamentação Normativa 482 era que a energia cobrada = energia consumida – energia injetada

Se resultado for menor que "custo de disponibilidade" (CDD): cobra-se esta taxa

– 100 kWh para ligação trifásica

– 50 kWh para bifásica

– 30 kWh para monofásica

Se energia injetada for maior que a consumida:

– Crédito válido por 36 meses

ou

– Uso em outra unidade do mesmo CPF ou CNPJ
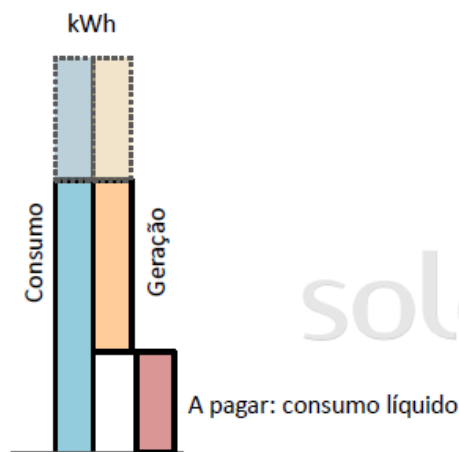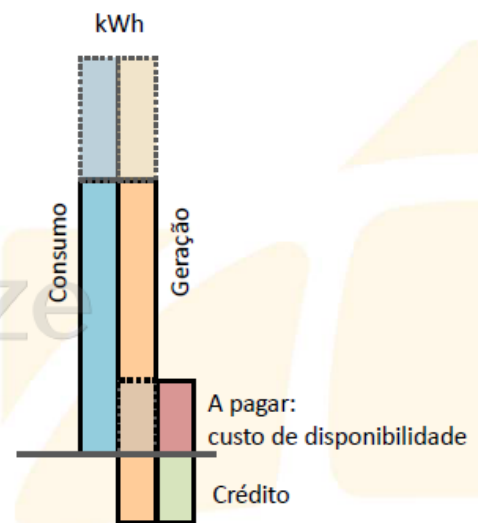
Figura 31: Calculo pela Regulação Normativa 482. [4]

O Convênio ICMS 6 CONFAZ (05/04/2013) decretou:

– ICMS incide sobre totalidade da energia elétrica que consumidor recebe da rede

– A energia injetada é contabilizada como dedução do valor de consumo, aplicando atarifa da energia sem ICMS

O cálculo deixa de ser em kWh e passa a ser em R$.

Figura 32: Conta de luz de um micro gerador, sistema de compensação. [4]
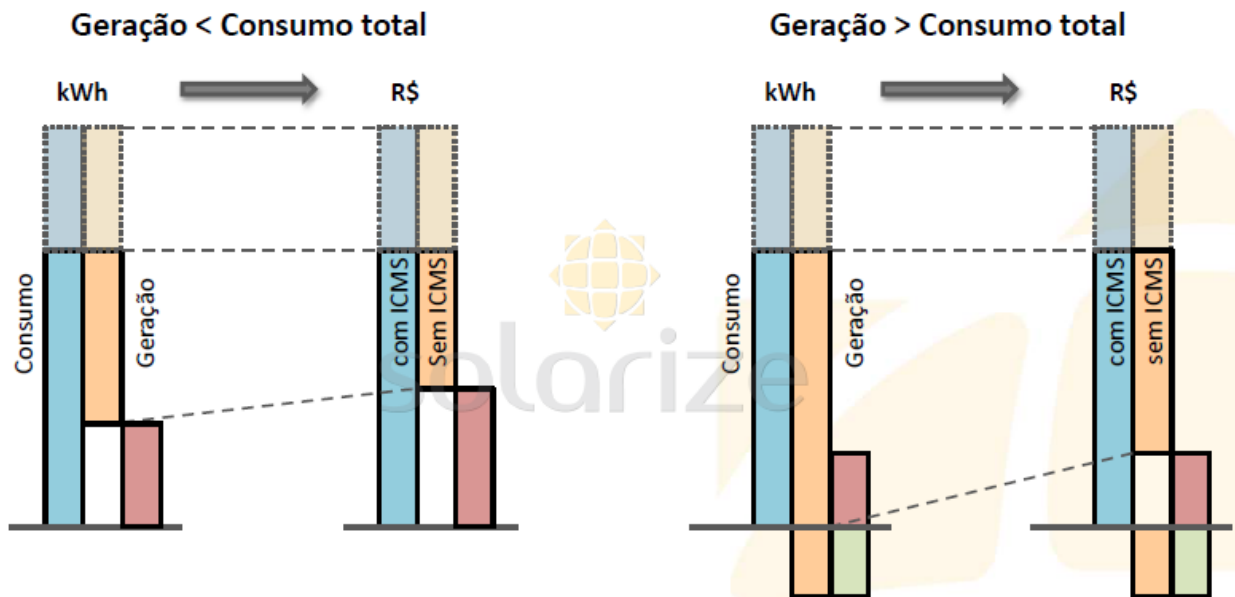
Figura 33: Calculo conforme o convenio ICMS 6Tributação da energia devolvida. [4]

A energia injetada, quando é devolvidaao microgerador, é tributada

• O valor dela, portanto, é reduzido
• O consumo direto não é afetado, poisnão passa pelo medidor
• Dependendo de vários fatores, a perdacausada pelo cálculo da RN Aneel/482(custo de disponibilidade) é substituídapela perda por tributação
• O crédito é preservado

Faixa de consumo no mês [kWh]	Alíquota de ICMS
Até 50	Isento
Até 300	18%
Acima de 300	29%

Figura 34: ICMS sobre energia elétrica no Rio de Janeiro. [4]

• A maioria dos estados brasileiros define alíquotas diferentes para faixas deconsumo mensal
• ICMS sobre consumo de energia elétrica no Rio de Janeiro
• Toda a energia consumida é tributada por esta alíquota, não apenas aparcela acima do limite
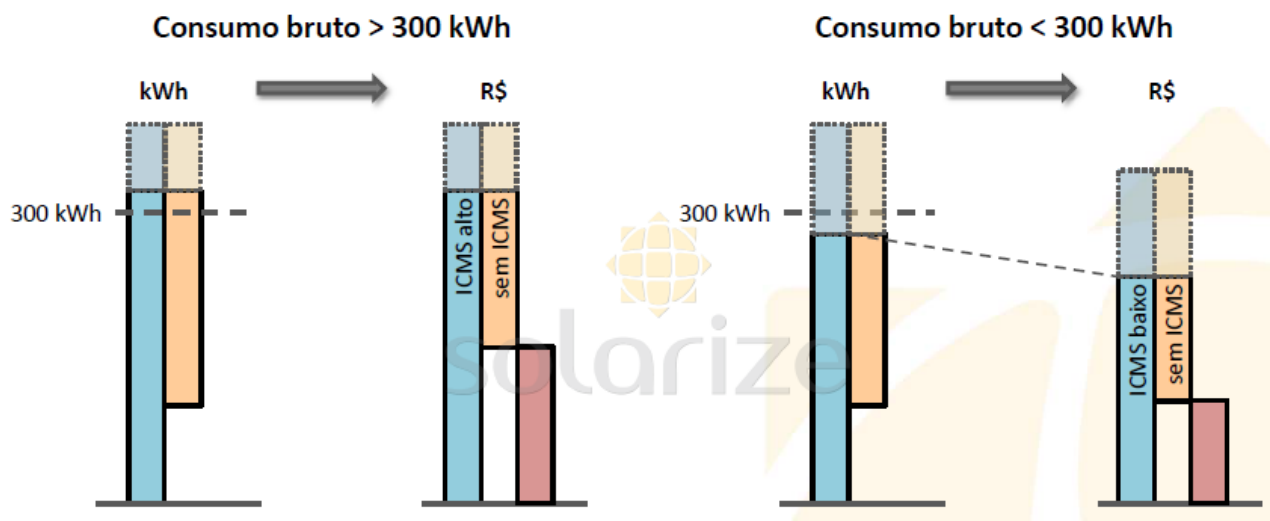
Figura 35: Calculo conforme o convenio ICMS 6 salto da alíquota. [4]

Se, no final do ciclo de faturamento, oconsumo bruto fica acima de 300 kWh,este é tributado com ICMS alto
• Se o consumo interno for suficiente parareduzir o consumo bruto abaixo de 300kWh no mês, este é tributado apenascom ICMS baixo
• A microgeração traz, neste caso, umganho extra

Balanço energético

Consumo total
Consumo bruto
Consumo líquido

Consumo direto da energia solar dentro de casa
Injetado na rede e consumido depois
Consumo restante da rede

Tarifa e economia por kWh

Meses com
Consumo total > 300 kWh e
Consumo bruto < 300 kWh

➔ O retorno financeiro varia de mês a mês
➔ Ele pode ficar acima da tarifa da distribuidora

Tarifa consumo [R$/kWh]
Tarifa injeção [R$/kWh]
Economia por kWh gerado [R$/kWh]

Figura 36: Retorno financeiro na prática. [4]

• Para obter o retorno máximo, o sistema de microgeração deve ser dimensionado parareduzir o consumo da rede a um valor abaixo do salto de ICMS
• Determinantes são
– Consumo total
– Geração
– Consumo direto
• Pelo cálculo da RN ANEEL/482 érecomendado evitar créditos e perdas nafaixa do custo de disponibilidade. Isto seaplica somente a:
– Estados sem tributação da energia injetada edevolvida (MG, TO, MS)
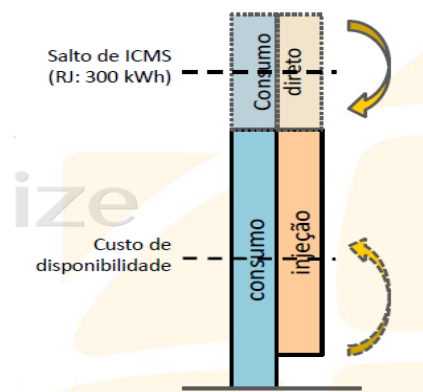
Figura 37: Melhor retorno financeiro na prática. [4]

8. Conclusão

Concluindo, apesar do sistema de geração fotovoltaica residencial conectada na rede ser um projeto viável economicamente, ele é menos atraente se comparado a medidas de eficiência energética, como a substituição de lâmpadas incandescentes por lâmpadas florescentes, ou aquecimento de água usando da energia térmica solar, por reduzirem o consumo de energia.

A medida de eficiência energética é mais vantajosa do que a implementação de um sistema de geração solar fotovoltaica, em situações em que o excedente de energia seja injetado na rede elétrica, com isso será acrescido uma taxa do ICMS no total consumido ao reutilizá-la, ao invés de fazer a diferença entre o que se consumiu e o que se injetou e depois aplicar o ICMS.

Ao se tributar o total consumido e pagar a tarifa sem ICMS como credito pelo que foi gerado, na prática se está remunerando menos a energia que é injetada em comparação a que é consumida.

Este problema do ICMS tem que ser solucionado para tornar os projetos de geração de geração de energia elétrica fotovoltaica mais atraente. Além da cobrança do custo de disponibilidade estar desmotivando os autoprodutores a tentar gerar mais que consomem, para não perderem essa energia que ficaria sem ser remunerada do jeito que está. O incentivo a utilização desta energia reduziria o pico de energia demandada no horário da tarde, quando os painéis operando.

O Brasil também seria muito beneficiado com um programa de incentivo a utilização de energia solar para aquecimento de água, para reduzir a carga demandada no horário de pico e aliviar o sistema elétrico brasileiro. Como mostra a figura abaixo, o sistema energético foi projetado observando-se estes picos de energia.Ou seja, diminuindo estes picos de energia, diminuirá a necessidade de investimentos de expansão no sistema interligado nacional(SIN).
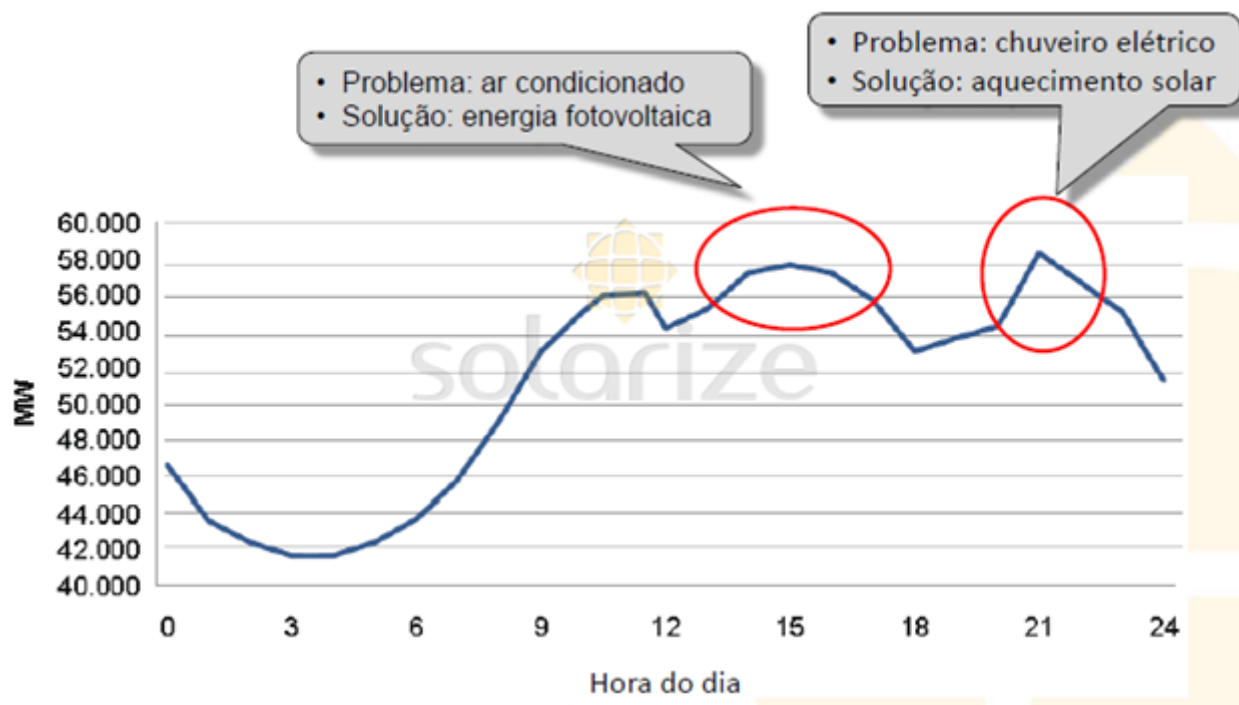
Figura 38: curva de carga do sistema elétrico brasileiro 2006 (ONS) [4]

9. Referências bibliográficas

[1] Resolução Normativa Nº 482 - www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf
Acesso em: 04 de junho 2014.

[2] Yolanda Vieira de Abreu; Marco Aurélio Gonçalves de Oliveira; Sinclair Mallet-Guy Guerra (Organizadores); Energia, Economia, Rotas Tecnológicas. (Textos selecionados) Palmas - TO Brasil - 2010http://www.eumed.net/librosgratis/2010e/827/CONCEITO%20DE%20GERACAO%20DISTRIBUIDA.htmAcesso em: 04 de junho 2014.

[3] Geração distribuída- http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=757&idPerfil=2
Acesso em: 04 de junho 2014.

[4] Curso de projetista de sistema solar fotovoltaico conectado a rede, ministrado pelo engenheiro Hans Rauschmayer sócio da empresa Solarize http://solarize.com.br/agenda/cursofv.htmlCursado em: 08 e 09 de maio 2014.

[5] Procedimentos para a Conexão de Microgeração e Minigeração ao Sistema de Distribuição da Light SESA BT e MT –Até 34,5kVwww.light.com.br/Repositorio/Recon/energia_alternativa_12_12_12.pdfAcesso em: 04 de junho 2014.

[6] Base de dados do Inmetro de lâmpadas fluorescentes compactas com reator integradopara usoresidencial http://www.inmetro.gov.br/registrosobjetos/Default.aspx?pag=1Acesso em: 04 de junho 2014

[7] Regulamentação para fornecimento de energia elétrica a consumidores em Baixa Tensão www.light.com.br/Repositorio/Recon/RECON_mar13.pdfAcesso em: 04 de junho 2014

[8] O Dispositivo de Seccionamento Visível (DSV) não é mais obrigatório para conexão através deinversoreswww.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Retificação_1_da_Revisão_3.pdfAcesso em: 04 de junho 2014

[9] Laboratórios nacionais e internacionais acreditados pelo INMETRO www.inmetro.gov.br/qualidade/iaac/laboratorios.aspAcesso em: 04 de junho

[11] Capacidade de Geração do Brasil– BIG – Banco de dados de Geração http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm

[12] Definição de pequena central hidroelétrica (PCH) http://www.portalpch.com.br/

[13] Ilustração técnica de uma usina Hidroelétrica http://danielrsilveira.blogspot.com.br/2010/04/usina-hidreletrica.html

[14] Definição de biomassa http://www.lippel.com.br/br#1

[15] Resolução Normativa No 235 www.aneel.gov.br/cedoc/ren2006235.pdf

[16] Sistemas para Geração Termoelétrica e Cogeração
http://www.basesolidaenergia.com.br/Sistemas-para-Geracao-Termoeletrica-e-Cogeracao.php

[17] Sistemas para Geração Termoelétrica e Cogeração
http://books.google.pt/books?id=NGtjmGKAimcC&pg=PA275&lpg=PA275&dq=Handbook+for+cogeneration+and+combined+cycle+power+plants&source=bl&ots=Kee_C9SIe1&sig=Zzer75q6DKwIGWKrzb_ly96pd4o&hl=pt-PT&sa=X&ei=yo_qTp7MOI7OswaGvIiJBw&ved=0CHYQ6AEwCQ#v=onepage&q=Handbook%20for%20cogeneration%20and%20combined%20cycle%20power%20plants&f=false

[18] Atlas de Energia Elétria - 2ª Edição
www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas

[19] Torsten Schwab GIZ – Energias Renováveis e Eficiência Energética Brasília, 11 de Junho de 2013
http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CB4QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.esaf.fazenda.gov.br%2Fa_esaf%2Farquivos-gerais%2Fschwab-fundamentos-energia-solar-palestra-energias-renovaveis-sr.-torsten-schwab&ei=P7SzU779GbO_sQTzuYKADQ&usg=AFQjCNFhOiCxCLdY21_seGKcJMjp285waQ&sig2=cm2vLrqjYD0awwa6GQaI9w&bvm=bv.70138588,d.cWc&cad=rja

[20] Simulador Solar
http://americadosol.org/simulador/

[21] Software gratuito para análise de projetos de eficiência energética eenergias renováveis
http://www.retscreen.net/pt/home.php